Centre Universitaire de Maghnia-Tlemcen
Melle CHAREB-YSSAAD Ismahane

Technologie de base

Licence 2 : Hydraulique

ismahane4@yahoo.fr

ismahane.charebyssaad@mail.univ-tlemcen.dz

TECHNOLOGIE DE BASE

Chapitre 2
Les barrages

Chapitre 2
Les barrages

Sommaire

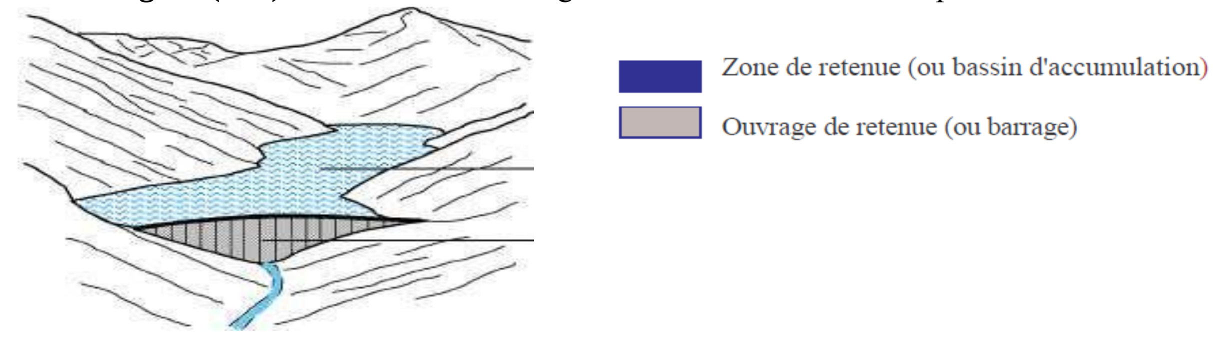
Introduction

Depuis très longtemps, l'homme, pour assurer l'irrigation des terres fertiles et les protéger des crues des fleuves ainsi que, plus tard, pour satisfaire les besoins en eau des villes, a constitué des réservoirs d'eau en barrant le lit des rivières ou des fleuves par des ouvrages qu'il a conçus et construits qui sont les barrages .

Définition :

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau ou à la dériver.

Figure (II-1) : Schéma d'un ouvrage d'accumulation et ses composantes



Les fonctions des barrages

Les **objectifs d'un aménagement** comportant un barrage sont très variés :

- **irrigation des cultures**: 270 millions d'hectares sont irrigués dans le monde ; cela représente le cinquième des terres cultivées qui fournit le tiers de toute la nourriture disponible, que représente les trois quarts de la consommation mondiale d'eau ; l'agriculture est donc de loin le premier consommateur de l'eau des réservoirs ;
- **génération d'électricité** : l'énergie hydroélectrique, avec une production annuelle de 2 100 TWh, représente actuellement 20 % de la production électrique totale, et 7 % environ de toute l'énergie consommée dans le monde (En Europe , le Canada, la Norvège, l'Autriche et le Brésil)
- **contrôle des crues** : Comme dans la vallée du Colorado aux États-Unis grâce au barrage Hoover, ou par les ouvrages plus récents qui protègent les vallées des grandes rivières chinoises ; le bassin parisien bénéficie d'une protection assurée par les réservoirs Seine, Marne et Aube.

Globalement, les autres objectifs des barrages sont mineurs en regard des trois buts principaux ; ils sont néanmoins d'importance dans l'aménagement des pays développés ou non ; il faut citer :

- **l'alimentation en eau potable ou industrielle** ;
- **La régulation de cours d'eau (écrêter de crue en période de crue, maintien d'un niveau minimum des eaux en période de sécheresse)**
- **la régularisation en vue de la navigation** ;
- **les développements touristiques et de loisirs** ;
- **la recharge des nappes phréatiques et l'assainissement.**

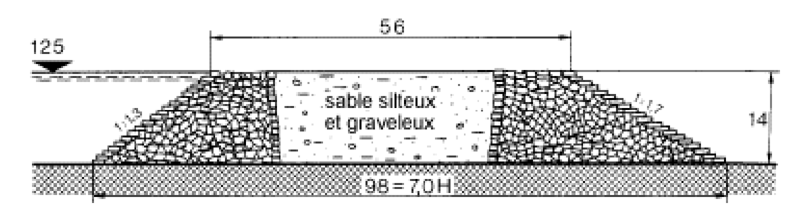
II.1 Historique

A travers l'histoire de l'humanité, l'homme a toujours cherché à retenir l'eau, la dériver, ou s'en protéger pour son plus grand bénéfice. Cette activité a été dans toutes les civilisations, à des périodes très reculées, dans des zones très éloignées les unes des autres, sans qu'aucune communication puisse faire penser à un quelconque transfert technologique.

Les premiers barrages datent de 5 000 ans et se situaient au Proche Orient : On peut citer :

- 1er barrage créé par le Pharaon Mènes en Egypt en 2900 av. J.-C : 15 m de haut et 450 m de long.
- SADD EL KAFARA, sur l'oued Garawi, au Caire (2 650-2 645 av JC) consistait en 2 murs de maçonnerie de moellons de 24 m d'épaisseur à la base, enserrant un noyau de terre de 36 m d'épaisseur. L'ouvrage de 14 m de hauteur et de 108 m de longueur, fut très rapidement ruiné par submersion, car il ne possédait pas d'évacuateur de crues par manque de connaissances appropriées.

Figure (II-2) : Barrage de SADD-EL-KAFARA (-2650 av JC)



- 1300 av. J.-C. Sethi 1er : 6 m de haut et 2 km de long : sur le Nahr El Asi en Syrie, est du type en enrochement et il est encore en service aujourd'hui.

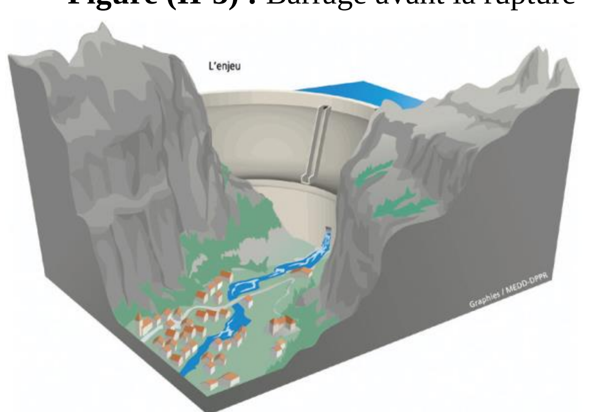
Au fil des siècles ces édifices n'ont cessé d'évoluer : Il existe dans le monde plus de 36 000 barrages dont la hauteur dépasse 15 m ; la plupart ont été construits depuis 1950. Ce rapide accroissement du parc (200 par an à l'heure actuelle) correspond à l'évolution de la population mondiale dans les pays en développement, et à la nécessité toujours plus pressante de gérer de manière rationnelle les ressources en eau.

- Le dernier en date de 2000 est le Barrage des Trois Gorges sur le fleuve Yangtzé en Chine, son lac de retenue est de 600 km de long et peut contenir 40 milliards de m3.
- L'Algérie dispose actuellement de 70 barrages opérationnels pour une capacité globale estimée à 7 milliards de m3 dont le premier est le barrage de Beni Haroun à Milla en 2007 d'une capacité de stockage de 960 millions de M3 , d'une hauteur de 120 m constituée d'une digue renforcée de 1.5 millions de m3 de BCR .

II.2 Ruptures des barrages (Statistiques et causes)

Le phénomène de rupture de barrage correspond à une destruction partielle ou totale d'un barrage qui peut avoir des effets néfastes sur l'homme, les biens et l'environnement.

Figure (II-3) : Barrage avant la rupture



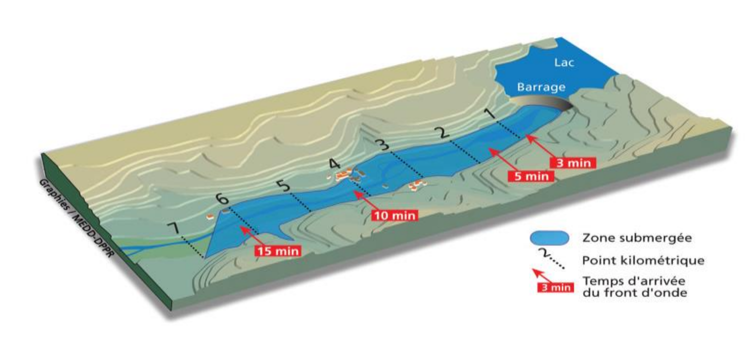
1. Type de rupture :

Le type de rupture dépend des caractéristiques propres du barrage. Ainsi, elle peut être :

- **progressive** : dans le cas des barrages en remblais, par érosion régressive, suite à une submersion de l'ouvrage ou à une fuite à travers celui-ci ;
- **brutale** dans le cas des barrages en béton, par renversement ou par glissement d'un ou plusieurs plots.

Figure (II-4) : Barrage en rupture

Figure (II-5) : Onde de submersion causée par la rupture d'un barrage



Une rupture de barrage entraîne la formation d'une onde de submersion (onde de crue) se traduisant par une élévation brutale du niveau de l'eau à l'aval. Les hauteurs et les vitesses d'eau atteintes peuvent alors être très importantes.

2. Causes de rupture :

La destruction partielle ou totale d'un barrage peut être due à différentes causes :

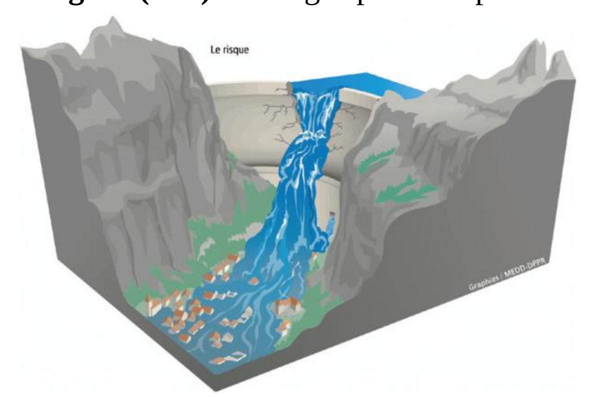
- **Naturelles** : séismes, crues exceptionnelles, glissements de terrain
- T**echniques** : défaut de fonctionnement des vannes permettant l'évacuation des eaux lors de crues ; vices de conception, de construction ou de matériaux, déversoirs de crue sousdimensionnées, vieillissement des installations ;
- **Humaines** : insuffisance des études préalables et du contrôle d'exécution, erreurs d'exploitation, de surveillance et d'entretien, malveillance.

3. Les conséquences de rupture :

Les conséquences sont de trois ordres : humaines, économiques et environnementales.

- Sur les hommes : noyade, ensevelissement, personnes blessées, isolées ou déplacées ;
- Sur les biens : destructions et détériorations aux habitations, aux entreprises, aux infrastructures et ouvrages (ponts, routes, etc.), au bétail, aux cultures, etc.
- Sur l'environnement : endommagement, destruction de la flore et de la faune, colmatage des cours d'eau, pollutions diverses, dépôts de déchets, etc.

Figure (II-6) : barrage après la rupture



Exemple de rupture des barrages dans le monde :

Barrages poids (béton ou en maçonnerie)

1. H<30 m : 11 ruptures constatées sur 400 barrages construits avant 1930, et une rupture enregistrées sur 1500 barrages construits après 1930.
2. H>30 m : 11 ruptures constatées sur 350 barrages construits avant 1930, aucune rupture enregistrées sur 1500 barrages construits après 1930.

Tableau (II-1) : Ruptures au premier remplissage

Nom barrage	Pays	Année de rupture	Année d'achèvement	Hauteur (m)	Longueur (m)	Volume (hm3)	Commentaires	Nombre de victimes
Austin 1	USA	1893	1893	18	330	/	Poids Maçonnerie	?
Bayless	USA	1911	1909	16	160	1.3	Poids Béton	80
Granadillar	Espagne	1934	1930	22	170	0.1	Poids Maçonnerie	8
Puentes	Espagne	1802	1791	69	291	13	Poids Maçonnerie	600
Cheurfas	Algérie	1885	1884	42	/	17	Poids Maçonnerie	10
Elwaha river	USA	1912	1912	33	135	9	Poids Maçonnerie	0
Kundli	Inde	1925	1924	45	160	1.3	Poids Maçonnerie	?
Vaugn Creek	USA	1926	1926	19	95	?	Voute	/
St Francis	USA	1928	1926	62	213	47	Poids Béton	450
Malpasset	France	1959	1954	66	222	47	Voute	420

Tableau (II-2) : Ruptures en service

Nom barrage	Pays	Année de rupture	Année d'achèvement	Hauteur (m)	Longueur (m)	Volume (hm3)	Commentaires	Nombre de victimes
Sig	Algérie	1885	1858	21	/	3	Rup du bar amont	10
Bouzey	France	1895	1880	22	520	7	Poids Maçonnerie	100
Angels	USA	1895	-	15	120	/	Poids Maçonnerie	1
Emalai	Turkie	1916	1893	23	298	1.7	P. Maç/Rup Crue	?
Tigra	Inde	1917	1917	25	1340	124	P. Maç/Rup Crue	1000
Elguiau(W)	GB	1925	1908	12	1000	4	Poids béton	10
Zerbino	Italie	1935	1924	16	70	10	P.béton/ Rup Crue	100
Pagara	Inde	1943	1927	27	1440	100	P. Maç/Rup Crue	?
Chikkahole	Inde	1972	1966	30	670	11	P. Maç/Rup Crue	?
Fergoug I	Algérie	1881	1871	33	300	30	P. Maç/Rup Crue	200
Fergoug II	Algérie	1927	1885	43	300	30	P. Maç/Rup Crue	
Mohne(war)	Allemagne	1943	1913	40	/	134	Poids Maçonnerie	1200
Eder	Allemagne	1943	1914	48	400	200	Poids Maçonnerie	100
Xuriguera	Espagne	1944	1902	42	165	1.1	P. Maç/Rup Crue	7
Khadakwasla	Inde	1961	1879	33	1400	137	Rup du bar amont	1000
Rutte	Italie	1965	1952	15	/	0.3	Voute Multiples	-
Leguaseca	Espagne	1987	1958	20	70	0.1	Voute Multiples	7

II.3 Type des barrages

Chaque barrage est un cas particulier par ses dimensions, sa nature du terrain sur lequel il s'appuie, l'importance des débits dans la rivière, par sa conception générale et les matériaux qui le constituent, il peut généralement être classé en deux groupes :

- Les barrages rigides (en béton ou en maçonnerie)
- Les barrages souples (en remblai) : (terre ou enrochement)

1. **Barrages rigides ou en béton :** · ils comportent :
    - Les Barrages poids;
    - Les Barrages voûtes;
    - Les Barrages à contreforts;

1. Barrages poids

- Le barrage poids est l'un des types les plus anciens. Construits en maçonnerie jusqu'au XIXe siècle, puis en béton au début du XXe, ils ont connu une certaine désaffection en raison de leur volume et de leur coût relatif, jusqu'au développement récent de la technique du béton compacté au rouleau (BCR) qui leur a donné une nouvelle jeunesse depuis 1980.
- Les barrages poids modernes ont une forme dont la section droite est proche d'un triangle avec un parement amont vertical ou à très forte pente.
- Par principe, ils résistent par leur seul poids aux actions multiples de l'eau et ils doivent être protégés contre une défaillance par basculement ou par glissement sur la base sous l'action du poids, de la poussée hydrostatique, des souspressions et d'autres actions secondaires (par exemple poussée des sédiments ou séisme).
- Ce type de barrage convient bien pour des vallées larges ayant une fondation rocheuse. Ils sont souvent découpés en plots à la construction.

Figure (II-7): Barrage de Sarrans dans le département de l'Aveyron (France)

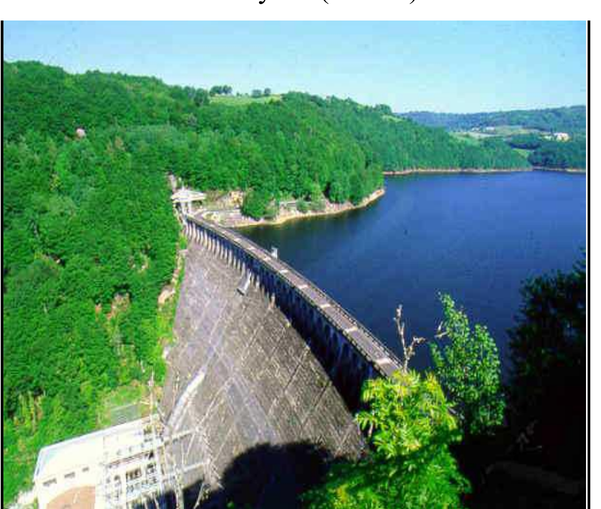


Figure (II-8) : Barrage poids en BCR des Olivettes (France) (*H* = 35 m)

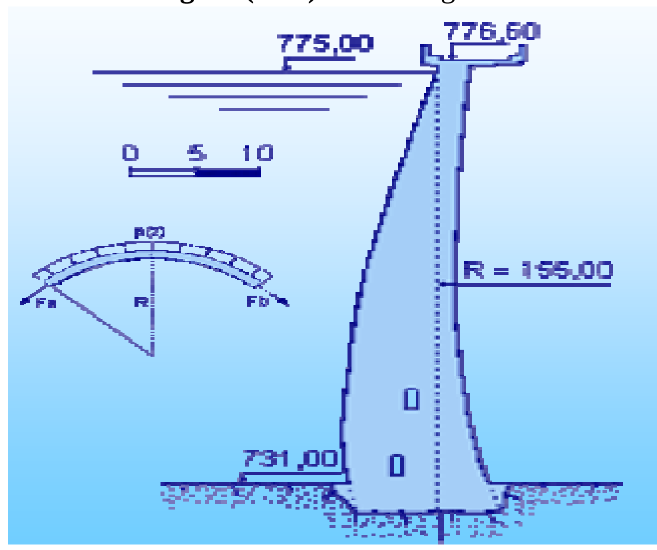


Fruit = 0,75
Galerie
Hauteur 60 m
Puits de drainage
Galerie
Conduite de vidange
Voile d'injection
Drains au rocher

2. Barrages voûtes

- Un barrage voûte est une structure dont la forme est dessinée de façon à transmettre les efforts de poussée de la retenue vers les rives rocheuses de la vallée. C’est une superposition d’arcs horizontaux. Ils sont généralement en béton.
- Ce type de barrage convient bien lorsque la topographie permet de fermer la vallée par une forme arquée de longueur réduite.
- Les barrages voûtes trouvent leur place idéale dans les sites relativement étroits, lorsque la qualité des fondations est excellente, surtout sur les rives.
- La réalisation d'une voûte est certainement la façon d'utiliser au mieux les capacités du béton à supporter les efforts de compression, de diminuer le volume du matériau à mettre en œuvre.

Figure (11-9) : Le barrage de St-Pierre-Cognet dans le département de l’Isère (France)

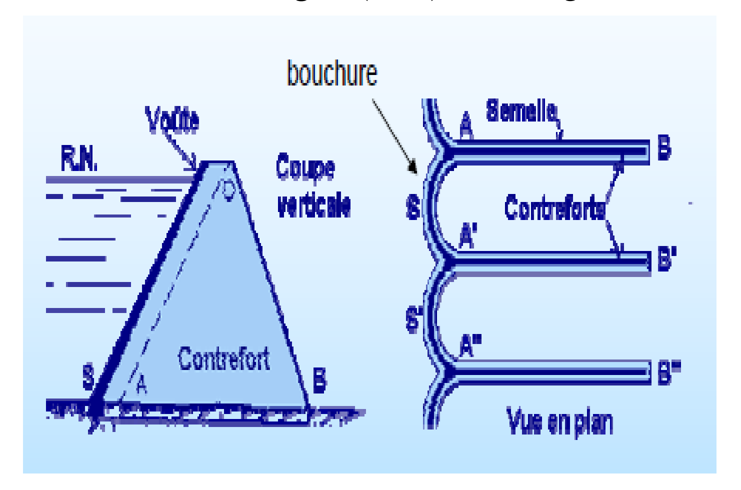




3. Barrages à contreforts

- Un barrage à contreforts comprend une série de murs parallèles, généralement de forme triangulaire, plus ou moins épais et plus ou moins espacés (les contreforts) ; une bouchure entre contreforts transmettant à ceux-ci la poussée de l'eau.
- Les parements amont sont en général fortement inclinés de manière à transmettre directement au pied des contreforts et donc à la fondation rocheuse une partie de la poussée de l’eau sur le parement amont.
- Les barrages à contreforts sont bien adaptés aux vallées larges avec une fondation rocheuse de bonne qualité.

Figure (II-10) : Le barrage de Grandval dans le département du Cantal (France)





2. Barrages souples (en remblai)

On appelle barrages en remblai tous les barrages constitués d'un matériau meuble, qu'il soit très fin (argile) ou très grossier (enrochement).

Cette famille regroupe plusieurs catégories, très différentes. Les différences proviennent des types de matériaux utilisés, et de la méthode employée pour assurer l'étanchéité. On citant :

- Les barrages en terre (homogène, à noyau central, à masque amont)
- Les barrages en enrochements

1. Barrage en terre

Les barrages en terre présentent notamment l'avantage de pouvoir reposer sur des fondations de médiocre qualité, c'est-à-dire compressibles. Tous les barrages en terre peuvent être considérés comme des barrages-poids, c'est-à-dire qu'ils résistent à la pression de l'eau par leur propre poids. On en trouve de trois types : Homogène, A noyau, A masque.

❖ **Barrages en terre homogène**

- Un barrage en terre est dit homogène lorsqu'il est constitué d'un même matériau à dominance argileuse, relativement imperméable pour assurer à la fois l'étanchéité et la résistance. Selon les ouvrages, la pente des talus sera plus ou moins forte, en fonction notamment des caractéristiques du matériau employé.
- La structure des barrages est complétée par des dispositifs de drainage tels que une butée aval drainante ; un tapis drainant sous le tiers ou la moitié aval ; une cheminée drainante communiquant avec l'aval par un tapis ou des bretelles.
- Des protections peuvent être disposées sur les faces extérieures : enrochements ou rip-rap sur le parement amont pour éviter l'érosion due aux vagues et une terre végétale engazonnée ou enrochements sur le parement aval pour stabiliser la terre vis-à-vis du ruissellement de la pluie.
- Ce type de barrages est bien adapté aux sites ayant une fondation déformable.
- Ne supportent pas les variations rapides de l'eau.

Figure (II-11) : Barrage de Matemale dans les Pyrénées Orientales

❖ **Barrage à noyau**

- Dans un barrage à noyau, les fonctions de résistance et d'étanchéité sont en quelque sorte séparées. La résistance est assurée par les recharges placées sur les flancs de l'ouvrage, et l'imperméabilité par le noyau central.
- Le noyau au centre de l'ouvrage va être constitué de la terre la plus imperméable possible. Il sera tenu de part et d'autre par des recharges composées, selon les cas, de terre plus perméable, d'alluvions ou d'enrochements.

- Il est constitué de plusieurs types des matériaux disposés de façon à assurer séparément les fonctions de stabilité du barrage et d'étanchéité. Le découpage du corps du barrage en matériaux différents est appelé zonage.
- Il permet de faire de grandes économies dans les volumes mis en œuvre et d'utiliser au mieux les matériaux disponibles sur le site.

Figure (II-12) : Barrage en terre à noyau central

❖ **Barrage à masque**

Il peut aussi exister des sites où aucune terre n'est disponible, mais seulement des enrochements. Ceux-ci sont alors employés pour réaliser le corps du barrage, tandis que l'étanchéité est assurée par un masque de béton, ciment ou béton bitumineux posé sur l'ouvrage lui-même, côté amont. Le masque amont présente l'avantage de pouvoir être exécuté après l'édification du remblai et de pouvoir être réparé aisément.

❖ Remblai de matériaux recouvert en amont d'une couche imperméable.
❖ Le masque s'adapte bien aux déformations.

Figure (II-13) : Barrage en terre à masque



2. **Barrages en enrochement**

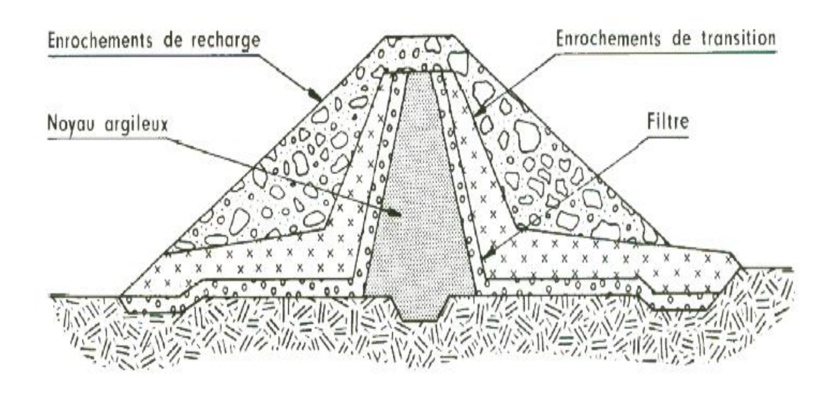
- Un barrage en enrochement est un tas de cailloux à grande échelle qui résiste par sa masse aux efforts auxquels il est soumis.
- Il y a eu trois types de barrages en enrochement · Le type en enrochements rangés ou arrimés, ils tiennent avec des talus plus raides et permettent de réduire les volumes à mettre en place. Ils se tassent d'autant moins que les enrochements sont mieux

rangés. Le type en enrochements déversés (cas des barrages construits dans la première moitié du XX ème siècle)

- Le type en enrochements compactés (qui s'est généralisé après les années 60).

Actuellement la tendance générale est de construire les barrages en enrochements compactés. Grâce au compactage, les tassements des enrochements de bonne qualité peuvent être réduits de 0.3 à 0.4 % de la hauteur du barrage.

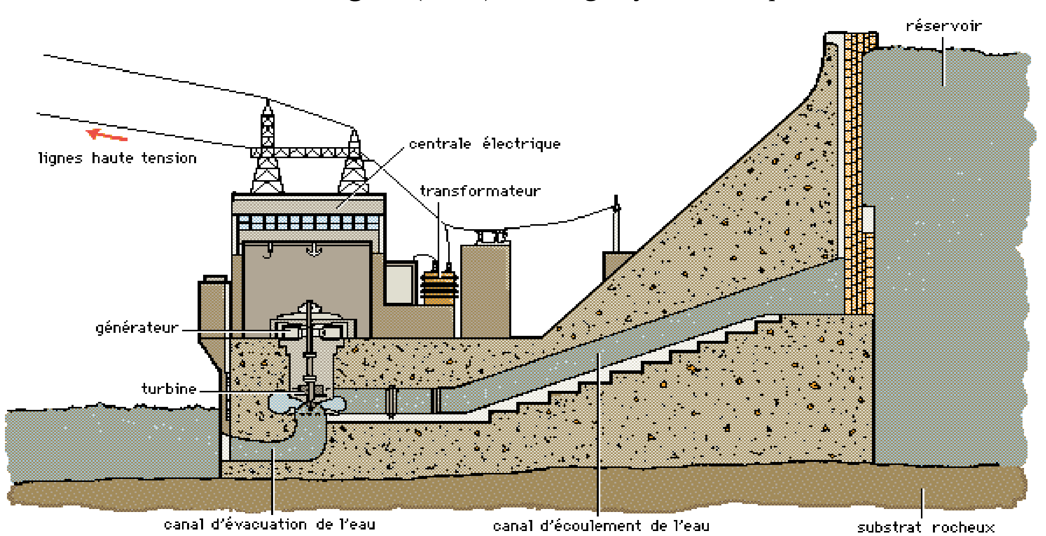
Figure (II-14) : Barrage en en rochement



Barrages hydroélectriques

- Lorsque l'eau est stockée, il suffit d'ouvrir les vannes pour amorcer le cycle de production de l'électricité. L'eau s'engouffre alors dans une conduite forcée ou dans une galerie, et se dirige vers la centrale hydraulique située en contrebas.
- À la sortie de la conduite, l'écoulement de l'eau fait tourner la turbine qui entraîne un générateur électrique.
- L'électricité produite peut soit être utilisée directement, soit stockée dans des accumulateurs. Enfin, l'eau est restituée à la rivière.

Figure (II-15) : Barrage hydroélectrique



Avantages

- C'est une énergie propre (renouvelable) sans émission de fumées et pollution.
- La gestion des cours d'eau permet le contrôle des crues :
  - en période de sécheresse, on lâche de l'eau ;
  - en période d'inondation, on retient le surplus d'eau

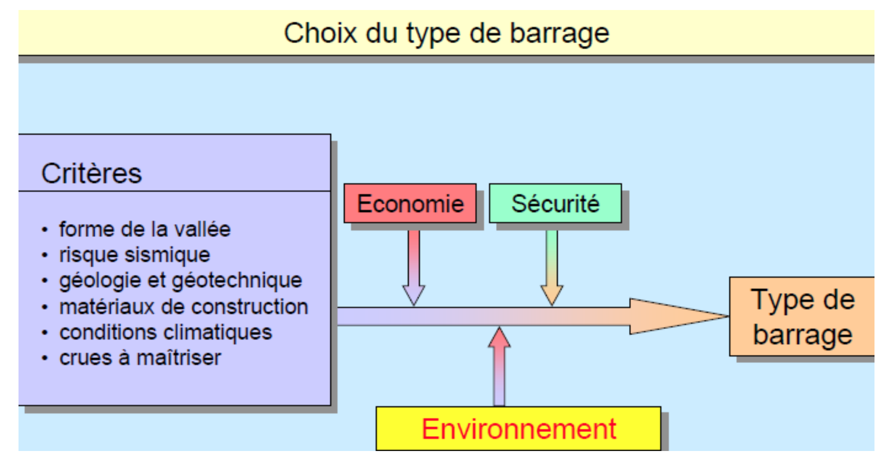
- Il existe également un apport économique : le tourisme grâce aux lacs et aux stations balnéaires

Inconvénients

- Coût des aménagements
- Risques de rupture du barrage
- Perturbation de l'écosystème et modification de l'aspect naturel du site.
- Exigences géologiques et géographiques :
  - Réservoir : zone large et dégagée
  - Barrage : zone étroite

II.4 Critères de choix

Les principaux paramètres à prendre en compte dans le choix du site et du type de barrage sont les suivants :



- ➢ Les conditions naturelles du site : Tel que :
  - Le contexte météorologique : les apports du bassin versant et le régime des crues,
  - La topographie et la morphologie de la vallée,
  - Les conditions géologiques et géotechniques,
  - Matériaux de construction
  - Sismicité de la région.
- ➢ Les conditions d'économie, de sécurité et d'environnement

1. Conditions naturelles d'un site :

1. Le contexte météorologique : les apports du bassin versant et le régime des crues :

L'étude hydrologique du bassin versant permet de définir :

1. Les apports moyens du cours d'eau, exprimés en m3/s, et leurs variations probables à une échelle de temps saisonnière ou interannuelle pour établir la faisabilité et déterminer **le volume du réservoir** et **le débit maximal des crues très rares**, qu'il faut considérer pour l'ouvrage de protection contre les crues « évacuateur de crue ».
2. Les apports sur le régime des transports solides de la rivière, due à l'érosion des sols du bassin versant ; on évalue ainsi la rapidité de comblement de « la tranche morte » du réservoir.

2. La topographie et la morphologie de la vallée,

L'emplacement idéal et le plus économique est celui d'un site étroit, précédé à l'amont par un élargissement de la vallée, à condition que les appuis du barrage soient sains.

Une vallée large conviendra mieux à l'aménagement d'un barrage en remblai. Un site étroit conviendra aussi à un barrage poids et un site très étroit conviendra aussi à une voûte. Tout cela bien sûr sous réserve que les fondations le permettent.
On peut réduire cette forme à deux caractéristiques : la largeur relative (L/H), qui varie en pratique de 1 à 4, parfois plus ; et la forme en U ou en V.

- **Canyon et gorge :** Pour les barrages voute car les flancs verticaux assurent une bonne sécurité quant à la répartition des forces sur les versants. Si les crues sont trop importantes on peut avoir recourt à un barrage poids afin d'intégrer l'évacuateur de crues.
- **Vallée étroite en V :** Facilite la création de barrage voûte mais elle doit respecter la géologie. Les barrages poids sont également envisageables.
- **Vallée étroite en U :** les critères restent les mêmes que pour une vallée étroite en V.
- **Vallée large :** L'élancement du barrage est très important, éliminant le barrage voûte. Tous les autres types de barrages peuvent être envisagés pour autant que les autres critères de choix soient satisfaisants.

3. Les conditions géologiques et géotechniques :

Tout projet de barrages commence par une étude géologique, géophysique et géotechnique pour préciser le type et la hauteur du barrage. La nature, la résistance, l'épaisseur, le pendage, la fracturation et la perméabilité des formations rencontrées au droit du site constituent un ensemble de facteurs souvent déterminants dans la sélection du type de barrage.
Les reconnaissances géotechniques par sondages, galerie de reconnaissance, prélèvements, essais de laboratoires et essais in situ sont réalisées pour lever les inconnues.

- **Fondations rocheuses :** Se prêtent à la construction de tous types de barrages, moyennant des dispositions adéquates pour la purge des matériaux très altérés et le traitement par injection des fractures (failles, joints, diaclases, schistosité). Les barrages en remblai conviennent toujours, pour les autres, les exigences vont en croissant du bcr, au béton conventionnel et à la voûte.
- **Fondations graveleuses :** Conviennent en général pour des barrages en terre ou en enrochements. Le contrôle des fuites doit être assuré par un dispositif d'étanchéité et de drainage approprié.
  Les barrages en béton de très petite hauteur peuvent également être édifiés moyennant des précautions concernant les fuites et les percolations (risque de renard) et les tassements différentiels.
- **Fondations sablo-silteuses :** Peuvent convenir à la construction de barrages en terre, voire exceptionnellement à de très petits barrages poids en béton moyennant de sérieuses précautions.
- **Fondations argileuses :** impliquent le choix de barrages en remblai, avec des pentes de talus compatibles avec les caractéristiques mécaniques des formations en place.

4. Matériaux disponibles

La disponibilité sur le site, ou à proximité, de matériaux utilisables pour la construction d'un barrage a une incidence considérable, souvent même prépondérante sur le choix du type de barrage :

- sols utilisables en remblai ;
- enrochements pour remblai ou protection de talus (rip-rap) ;
- agrégats à béton (matériaux alluvionnaires ou concassés) ;

- liants (ciment, cendres volantes ...).

La possibilité d'extraire ces matériaux de l'emprise de la retenue permet d'accroître la capacité de stockage. En outre, cela minimise les coûts de transport et de remise en état des zones d'emprunts.

- Si l'on dispose de sols limoneux ou argileux de qualité et en quantité suffisante la solution de barrage en terre homogène ou pseudo-zoné - en réservant les matériaux les plus grossiers en recharge aval - s'impose comme la plus économique avec un débit de crue à évacuer qui reste moins important.
- Si l'on dispose de matériaux imperméables en quantité limitée, et par ailleurs de matériaux grossiers ou d'enrochements, il est envisageable de construire un barrage en terre zoné ou en enrochements avec noyau.
- Si l'on ne dispose que de matériaux grossiers, ceux-ci peuvent être exploités pour édifier un remblai homogène, l'étanchéité étant assurée par une paroi au coulis construite après montée du remblai en son centre, ou par une étanchéité amont artificielle (béton, membrane ou béton bitumeux).
- Si l'on ne dispose que d'enrochements, un barrage en enrochements compactés avec étanchéité rapportée sur le parement amont éventuellement adouci (membrane, masque en béton hydraulique ou béton bitumeux) conviendra. La solution béton, en particulier la solution BCR, peut également s'avérer compétitive, sous réserve de fondation suffisamment bonne (rocher ou terrain compact) ne nécessitant pas de fouilles excessives.

5. Risque sismique:

L'étude sur une base historique ou déterministe (sismotectonique) de la sismicité du site est entreprise et aboutit à la définition de deux séismes de référence :

- Le séisme de projet : que l'ouvrage doit être en mesure de supporter sans aucun dommage.
- Le séisme maximal probable : auquel le barrage doit pouvoir résister sans ruine ni mise hors service de ses organes de sécurité.

Chacun d'eux est défini par un niveau d'accélération et un spectre de fréquence, qui serviront dans le calcul de la structure.

2. Conditions générales d'environnement :

- Les conditions climatiques (températures extrêmes, gel), qui constituent des sollicitations supplémentaires du futur ouvrage,
- Les propriétés chimiques de l'eau, parfois agressive vis-à-vis de certains matériaux notamment le béton,
- La disponibilité de matériaux de construction de qualité à proximité, les accès.
- L'expropriation des propriétaires qui habitent au niveau du site.

3. Critères économiques

Dans plusieurs cas, les considérations précédentes auront permis de retenir plusieurs types de barrage. Par exemple, des fondations rocheuses, la présence de matériaux meubles proches du site, un débit de crue important, conduiront à mettre en balance un barrage en BCR et un barrage en terre équipé d'un évacuateur de crue coûteux.

Il convient alors de poursuivre les études pour les deux types d'ouvrages, en veillant à affiner les estimations de coût au fur et à mesure de la progression des études. Dès que l'un des types de barrages paraît significativement plus économique, il est préférable de ne pas s'entêter sur l'autre option.